

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2003年 1月31日

出 願 番 号

Application Number:

特願2003-024209

[ST.10/C]:

[JP2003-024209]

出 願 人

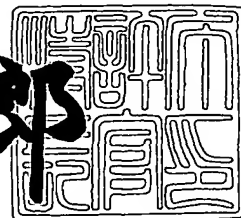
Applicant(s):

株式会社神戸製鋼所
大成建設株式会社

2003年 5月30日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3040801

【書類名】 特許願

【整理番号】 30131042

【提出日】 平成15年 1月31日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G21F 9/36

【発明の名称】 組成物、硬化体、コンクリートキャスク、および硬化体の製造方法

【請求項の数】 25

【発明者】

 【住所又は居所】 兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目3番1号 株式会社神戸製鋼所 高砂製作所内

 【氏名】 谷内 廣明

【発明者】

 【住所又は居所】 兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目3番1号 株式会社神戸製鋼所 高砂製作所内

 【氏名】 下条 純

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿1丁目25番地1号 大成建設株式会社内

 【氏名】 杉原 豊

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿1丁目25番地1号 大成建設株式会社内

 【氏名】 大脇 英司

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿1丁目25番地1号 大成建設株式会社内

 【氏名】 岡本 礼子

【特許出願人】

【識別番号】 000001199

【氏名又は名称】 株式会社神戸製鋼所

【特許出願人】

【識別番号】 000206211

【氏名又は名称】 大成建設株式会社

【代理人】

【識別番号】 100089196

【弁理士】

【氏名又は名称】 梶 良之

【選任した代理人】

【識別番号】 100104226

【弁理士】

【氏名又は名称】 須原 誠

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-209842

【出願日】 平成14年 7月18日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014731

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0103969

【包括委任状番号】 0000795

【物件名】 委任状 1

【援用の表示】 特願2002-209842の平成14年8月5日付提出の代理権変更届に添付のものを援用する。

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 組成物、硬化体、コンクリートキャスク、および硬化体の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ポルトランドセメント又はそれを含む混合セメントを含む組成物であって、水和反応による硬化後の水酸化カルシウムの含有率が 15～60 mass%となるように混合された組成物。

【請求項 2】 ポルトランドセメント又はそれを含む混合セメントを含む組成物であって、水和反応による硬化後の水酸化カルシウムの含有率が 20～50 mass%となるように混合された組成物。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 に記載の組成物に、粒状、粉末状、繊維状の何れかの形状の鉄、炭素鋼、ステンレス鋼の少なくとも何れか 1 種類の金属材料が、水和反応による硬化後において含有率 10～70 mass%となるように混合された組成物。

【請求項 4】 前記金属材料が、水和反応による硬化後において含有率 30～70 mass%となるように混合された請求項 3 記載の組成物。

【請求項 5】 請求項 1～4 の何れか 1 項に記載の組成物において、前記混合セメントが、高炉スラグ、高炉水砕スラグ、高炉徐冷スラグ、徐冷スラグ、転炉スラグ、銅スラグ、フェロニッケルスラグ、シリカフューム、フライアッシュ、石炭灰、白土、しらす、珪藻土、穀物灰、の少なくとも何れか 1 種類と、ポルトランドセメントとの混合物である組成物。

【請求項 6】 請求項 1～5 の何れか 1 項に記載の組成物に、水和反応による硬化後において中性子吸収材料が 0.025～10 mass%含有されるように混合された組成物。

【請求項 7】 前記中性子吸収材料が、炭化ホウ素、ホウ酸、酸化ホウ素、フェロボロン、ボロン入りステンレス鋼のうちの少なくとも何れか 1 種類である請求項 6 に記載の組成物。

【請求項 8】 請求項 1～7 の何れか 1 項に記載の組成物を用いて製造した硬化体。

【請求項 9】 有底無蓋筒状の容器本体と、この容器本体の上部開口を遮断自在な蓋とで構成されるとともに、前記容器本体及び前記蓋の少なくとも一方が、請求項 8 に記載の硬化体を用いて成るコンクリートから形成されているコンクリートキャスク。

【請求項 10】 前記硬化体から成るコンクリート製の前記容器本体には金属製の伝熱フィンが埋設装備されている請求項 9 に記載のコンクリートキャスク。

【請求項 11】 請求項 1 ～ 7 の何れか 1 項に記載の組成物に、少なくとも水を加えてから、混練及び成形後、温度 120 ～ 240℃、湿度 80 ～ 100% で 8 時間以上養生する硬化体の製造方法。

【請求項 12】 請求項 1 ～ 7 の何れか 1 項に記載の組成物に、少なくとも水を加えてから、混練及び成形後、温度 60 ～ 120℃、湿度 80 ～ 100% で 24 時間以上養生する硬化体の製造方法。

【請求項 13】 ポルトランドセメントを含む組成物であって、水和反応による硬化後において、融点及び分解温度が 100℃よりも高い結晶体としての水分を保持する水酸化物の含有量が 15 mass% 以上となるように混合された組成物。

【請求項 14】 前記水酸化物が純水に対して難溶性あるいは不溶性を示す水酸化物であることを特徴とする請求項 13 に記載の組成物。

【請求項 15】 前記水酸化物は、20℃ 100 g の純水に対する溶解量が 15 g 以下であることを特徴とする請求項 14 に記載の組成物。

【請求項 16】 請求項 13 ～ 15 の何れか 1 項に記載の組成物に、粒状、粉末状、繊維状の何れかの形状の鉄、銅、タングステンのうちの少なくとも何れか一種類の金属材料或いはその合金ないしは化合物のうちの少なくとも一種類が混合された組成物。

【請求項 17】 前記金属材料或いはその合金ないしは化合物のうち、鉄、鉄系合金、銅及び銅合金から選択された少なくとも一種が、水和反応による硬化後において含有率 10 ～ 70 mass% となるように混合された請求項 16 に記載の組成物。

【請求項18】 前記金属材料或いはその合金ないしは化合物が、銅、銅合金、タングステン、タングステン合金、タングステン化合物のうちの少なくとも何れか一種類である請求項16に記載の組成物。

【請求項19】 前記金属材料或いはその合金ないしは化合物のうち、タングステン、タングステン合金及びタングステン化合物から選択された少なくとも1種が、水和反応による硬化後において含有率10～85mass%となるように混合された請求項16に記載の組成物。

【請求項20】 請求項14～19の何れか1項に記載の組成物に、炭化ホウ素、ホウ酸、酸化ホウ素、フェロボロン、ボロン入りステンレス鋼のうちの少なくとも何れか一種類からなる中性子吸収材料が水和反応による硬化後において0.025～10mass%含有されるように混合された組成物。

【請求項21】 請求項13～20の何れか1項に記載の組成物において、さらにシリカ含有物が混合された組成物。

【請求項22】 請求項13～21の何れか1項に記載の組成物を用いて製造した硬化体。

【請求項23】 請求項8又は22の何れか1項に記載の硬化体を用いたコンクリートキャスクであって、前記硬化体の少なくとも一部を被覆材で覆うことにより当該硬化体と外気とを遮断しているコンクリートキャスク。

【請求項24】 請求項13～21の何れか1項に記載の組成物に、少なくとも水を加えてから、混練及び成形後、温度120～240℃、湿度80～100%で8時間以上養生する硬化体の製造方法。

【請求項25】 請求項13～21の何れか1項に記載の組成物に、少なくとも水を加えてから、混練及び成形後、温度60～120℃、湿度80～100%で24時間以上養生する硬化体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、使用済核燃料等の放射性物質を輸送あるいは長期に亘って保管するに好適なコンクリートキャスクに係り、詳しくは、組成物や構造の改良によって

その性能を向上させる技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来のコンクリートキャスクとしては、下記特許文献1や、下記特許文献2に示されたものが知られている。特許文献1のものは、コンクリートキャスクのヒビ割れや水分の損失を防止し、耐久性の高いものとするため、キャスク表面を鋼板で覆い、かつ、コンクリートのヒビ割れ防止のために仕切板を配置したものである。

【0003】

特許文献2のものは、耐熱性の低い一般的なコンクリート混合体を使用したものである。この技術においてはコンクリートの温度制限の観点から、キャスクとキャニスター間にギャップを設け、吸気口・排気口を介して外部空気がキャスク内部を対流できるようにしてキャニスターを直接冷却し、コンクリートの温度上昇を防止する構成としている。また、よりコンクリート温度を下げるために、ライナーや内部フィンを設けていた。

【0004】

【特許文献1】

特開2001-305375号公報

【特許文献2】

特開2001-141891号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

特許文献1の従来技術では、ヒビ割れは防止できるが耐熱性に劣るため、キャスク内部に外部空気を常に導入する必要がある。開口部は遮蔽体欠損部となるため、放射線のストリーミング（漏れ）が大きくなってしまう。また、外部空気にキャニスター（鉄製）の腐蝕を促進する物質（塩化物等）を含む可能性が高く、密封性能に問題が生じる可能性がある。

【0006】

特許文献2の従来技術では、耐熱性の低いコンクリートを使用しているため、

キャスク外部の空気をキャスク内部に導入する必要がある。このため構造が複雑になるとともに、万一、キャニスターが破損した場合に放射性ガスが外部に放出されるおそれがある。

【 0 0 0 7 】

つまり、従来のコンクリートキャスクでは、コンクリートの耐熱温度が 9 0℃以下と低いので、使用済燃料から発生した崩壊熱によるコンクリートキャスク本体の温度上昇を抑える必要性から、キャスクに通風のための貫通孔を設ける等、その構造を複雑なものとせざるを得なかった。また、貫通孔を設ける構成とすると、外部空気がキャスク内部のキャニスターに直接触れるため、キャニスターが腐食するとか、それによってキャニスター内部の放射能が外部に洩れ出るといったおそれがあった。また、従来コンクリートでは、中性子遮蔽に有効な水素を自由水として保有しており、1 0 0℃以上の使用環境下では蒸発するために、中性子遮蔽性能が大幅に低下する問題があった。

【 0 0 0 8 】

そこで、本発明の目的は、十分な耐熱性のある組成物を製造し、これを用いた密閉型のコンクリートキャスクを設計することにより、キャニスターの腐食を防ぎ、放射能が外部に洩れず、かつ、遮蔽体欠損部が無い為に遮蔽性能にも優れる安全性の高いキャスクの構築を可能とすることである。更に、1 0 0℃以上の使用環境においても、硬化体中の中性子遮蔽に有効な水分を確保することを可能とすることである。本発明では、実用的な使用環境温度として 1 5 0℃を想定した。

【 0 0 0 9 】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するための本発明の組成物は、ポルトランドセメント又はそれを含む混合セメントを含む組成物であって、水和反応による硬化後の水酸化カルシウムの含有率が 1 5 ～ 6 0 mass% となるように混合されたものである。

【 0 0 1 0 】

或いは、ポルトランドセメント又はそれを含む混合セメントを含む組成物であって、水和反応による硬化後の水酸化カルシウムの含有率が 2 0 ～ 5 0 mass% と

なるように混合されたものである。

【 0 0 1 1 】

更には、上記何れかの組成物に、粒状、粉末状、繊維状の何れかの形状の鉄、炭素鋼、ステンレス鋼の少なくとも何れか 1 種類の金属材料が、水和反応による硬化後において含有率 1 0 ～ 7 0 mass% となるように混合された組成物である。

【 0 0 1 2 】

或いは、前記金属材料が、水和反応による硬化後において含有率 3 0 ～ 7 0 mass% となるように混合された組成物である。

【 0 0 1 3 】

また、上記何れかの組成物において、前記混合セメントが、高炉スラグ、高炉水砕スラグ、高炉徐冷スラグ、徐冷スラグ、転炉スラグ、銅スラグ、フェロニッケルスラグ、シリカフューム、フライアッシュ、石炭灰、白土、しらす、珪藻土、穀物灰、の少なくとも何れか 1 種類と、ポルトランドセメントとの混合物である組成物である。

【 0 0 1 4 】

また、上記何れかの組成物に、水和反応による硬化後において中性子吸収材料が 0 . 0 2 5 ～ 1 0 mass% 含有されるように混合された組成物である。

【 0 0 1 5 】

更には、前記中性子吸収材料が、炭化ホウ素、ホウ酸、酸化ホウ素、フェロボロンボロン入りステンレス鋼のうちの少なくとも何れか 1 種類である組成物である。

【 0 0 1 6 】

また、本発明の硬化体は、上記何れかの組成物を用いて製造したものである。

【 0 0 1 7 】

加えて、有底無蓋筒状の容器本体と、この容器本体の上部開口を遮断自在な蓋とで構成されるとともに、前記容器本体及び前記蓋の少なくとも一方が、上記の硬化体を用いて成るコンクリートから形成されているコンクリートキャスクを提供する。

【 0 0 1 8 】

更には、上記のコンクリートキャスクにおいて、前記硬化体から成るコンクリート製の前記容器本体には金属製の伝熱フィンが埋設装備されているコンクリートキャスクを提供する。

【 0 0 1 9 】

また、上記何れかの組成物に、少なくとも水を加えてから、混練及び成形後、温度 1 2 0 ~ 2 4 0 ℃、湿度 8 0 ~ 1 0 0 % で 8 時間以上養生する硬化体の製造方法を提供する。

【 0 0 2 0 】

或いは、上記何れかの組成物に、少なくとも水を加えてから、混練及び成形後、温度 6 0 ~ 1 2 0 ℃、湿度 8 0 ~ 1 0 0 % で 2 4 時間以上養生する硬化体の製造方法を提供する。

【 0 0 2 1 】

上記課題を解決するための本発明の組成物は、ポルトランドセメントを含む組成物であって、水和反応による硬化後において、融点及び分解温度が 1 0 0 ℃ よりも高い結晶体としての水分を保持する水酸化物の含有量が 1 5 mass% 以上となるように混合されたものである。

【 0 0 2 2 】

或いは、前記水酸化物が純水に対して難溶性あるいは不溶性を示す水酸化物である。更には、前記水酸化物は 2 0 ℃ 1 0 0 g の純水に対する溶解量が 1 5 g 以下の水酸化物である。

【 0 0 2 3 】

上記何れかの組成物において、粒状、粉末状、繊維状の何れかの形状の鉄、銅、タングステン、のうちの少なくとも何れか一種類の金属材料或いはその合金ないしは化合物のうちの少なくとも何れか一種類が混合された組成物である。

【 0 0 2 4 】

或いは、前記金属材料或いはその合金ないしは化合物のうち、鉄、鉄系合金、銅及び銅合金が、水和反応による硬化後において含有率 1 0 ~ 7 0 mass% となるように混合されたものである。

【 0 0 2 5 】

或いは、前記金属材料或いはその合金ないしは化合物が、銅、銅合金、タングステン、タングステン合金、タングステン化合物のうちの少なくとも何れか一種類である。

【 0 0 2 6 】

或いは、前記金属材料或いはその合金ないしは化合物のうち、タングステン、タングステン合金及びタングステン化合物から選択された少なくとも1種が、水和反応による硬化後において含有率10～85mass%となるように混合されたものである。

【 0 0 2 7 】

また、上記何れかの組成物において、炭化ホウ素、ホウ酸、酸化ホウ素、フェロボロン、ボロン入りステンレス鋼のうちの少なくとも何れか一種類からなる中性子吸収材料が水和反応による硬化後において0.025～10mass%含有されるように混合された組成物である。

【 0 0 2 8 】

また、上記の何れかの組成物において、さらにシリカ含有物が混合された組成物である。

【 0 0 2 9 】

また、本発明の硬化体は、上記何れかの組成物を用いて製造したものである。

【 0 0 3 0 】

加えて、上記の硬化体を用いたコンクリートキャスクであって、前記硬化体の少なくとも一部を被覆材で覆うことにより該硬化体と外気とを遮断しているコンクリートキャスクを提供する。

【 0 0 3 1 】

また、上記何れかの組成物に、少なくとも水を加えてから、混練及び成形後、温度120～240℃、湿度80～100%で8時間以上養生する硬化体の製造方法を提供する。

【 0 0 3 2 】

或いは、上記何れかの組成物に、少なくとも水を加えてから、混練及び成形後、温度60～120℃、湿度80～100%で24時間以上養生する硬化体の製

造方法を提供する。

【 0 0 3 3 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態について説明する。先ず、本発明にかかる組成物及び硬化体について説明する。

【 0 0 3 4 】

本発明にかかる組成物は、ポルトランドセメント又はそれを含む混合セメントを含む組成物であって、水和反応による硬化後の水酸化カルシウムの含有率が 15～60 mass%となるように配合されたことを特徴としている。更には好ましくは、水和反応による硬化後の水酸化カルシウムの含有率は、20～50 mass%となるように配合される。

【 0 0 3 5 】

また、本発明にかかる組成物は、ポルトランドセメントを含む組成物であって、水和反応による硬化後において、融点及び分解温度（解離圧が 1 a t mとなる温度）が 100℃よりも高い結晶体としての水分を保持する水酸化物を含有率 15 mass%以上となるように混合されたことを特徴としている。更に好ましくは、前記水酸化物の含有率は 20 mass%以上となるように混合される。更に好ましくは、前記水酸化物の含有率は 80 mass%以下となるように混合される。

融点及び分解温度が 100℃よりも高い、即ち 100℃では水を分解しない水酸化物として、Ca, Sr, Ba, Ra のアルカリ土類金属やこれと同属の Mg 等の水酸化物がある。このような水酸化物は、硬化体中に混合して結晶水として水分（水素）を保ち、中性子のしゃへい性能に優れる。例えば、水酸化カルシウムの場合、その分解温度は 580℃であり、水酸化バリウムの場合、その融点は 325℃で分解温度は 998℃あるため、高温領域まで水分（水素）を保持する。上記以外で、組成物ないしは硬化体に混合される水酸化物としては、水酸化リチウム、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、水酸化ランタン、水酸化クロム、水酸化マンガン、水酸化鉄、水酸化コバルト、水酸化ニッケル、水酸化銅、水酸化亜鉛、水酸化アルミニウム、水酸化鉛、水酸化金、水酸化白金、水酸化アンモニウム等がある。

また、水酸化物としては水に対して難溶性、不溶性であるものが好ましく、このような水酸化物を添加することにより、セメントとの水和反応後の硬化体において、100℃以上で分解して水分を放出しない水酸化物を確実に含有させることができる。

組成物に混合される水酸化物は、20℃100gの純水に対する溶解量が15g以下のものが好ましく、5g以下が更に好ましく、1g以下が最も好ましい。

上述したアルカリ土類金属並びにそれと同属の金属であるMgの水酸化物は溶解度の面でも優れている。例えば、カルシウム、ストロンチウム及びマグネシウムの水酸化物は上記溶解量が1g以下であり、バリウムの水酸化物は上記溶解量が5g以下である。

なお、これらの水酸化物の中でも、カルシウム及びマグネシウムの水酸化物はCaとMgの原子量が小さいことから、水酸化物としての含有水素量の割合が高くなるため、中性子しゃへい性能の向上に特に有効である。

また、水酸化カルシウムに含まれるカルシウムは、ポルトランドセメントの主成分であり、また、水酸化カルシウムは通常のセメントの水和反応で生成する物質であることから、上記水酸化物の中でも水酸化カルシウムが最も好ましい。

【0036】

また、本発明に係る硬化体は、上記の組成物を用いて製造されたものである。以上を示した水酸化カルシウム等の水酸化物の含有率は、以下に説明する実験の結果を根拠とするものである。

なお、水和反応による硬化後の硬化体中に水酸化カルシウム等の水酸化物を存在させるためには、以下に説明する実験のように、組成物に水酸化カルシウム等の水酸化物そのものを含ませる（ポルトランドセメント又はそれを含む混合セメントに水酸化カルシウムを添加する）こととしてもよい。あるいは、組成物に他の材料を含ませる（ポルトランドセメント又はそれを含む混合セメントに他の材料を添加する）ことによって、水和反応による硬化後に硬化体中に水酸化カルシウム等の水酸化物が前記含有率にて含まれるようにしてもよい。前記他の材料としては、例えば、酸化カルシウム（生石灰）が挙げられる。

【0037】

(実験1)

本実験では、ポルトランドセメントとシリカフュームと金属材料と化学混和剤と水とを適宜の量だけ混合するとともに、水酸化カルシウムを様々な比率で混合した組成物及び硬化体を想定し、硬化体の相対線量率をシミュレーションにより算出した。ここで相対線量率とは、通常のコンクリートを用いたコンクリートキャスク中央部の線量当量率に対する、当該硬化体を用いたコンクリートキャスク中央部の線量当量率の比である。

図1には、水酸化カルシウムの含有率と相対線量率の関係が示される。なお、シミュレーションにおいて、鉄遮蔽体の厚みは20 (cm)、コンクリート遮蔽体の厚みは35 (cm) とし、燃料はPWR燃料、燃焼度を50,000 (MW D/MTU)、冷却期間を10年として計算した。

【0038】

図1に示すように、水酸化カルシウム含有率が15 mass%になると、中性子に関する相対線量率は1程度となって、普通コンクリートと略同等の遮蔽性能を発揮することが判る。また、15 mass%を上回ると相対線量率が1を下回って、普通コンクリートよりも強力な遮蔽性能を発揮することが判る。従って、硬化体の水酸化カルシウム含有率は15 mass%以上であることが好ましいと言える。一方、水酸化カルシウム含有率が60 mass%付近に至ると、相対線量率が横ばいとなって、遮蔽効果が収束することが判る。従って、硬化体の水酸化カルシウム含有率は15～60 mass%であることが好ましいと言える。また、通常のコンクリート材料と同程度のしゃへい性能を得る為には必要な最低密度は1.8程度となることから、密度1.8以上とするための最大添加量は図4から80 mass%が好ましいと言える。

更には、図1に示すように、水酸化カルシウム含有率が増加するほど遮蔽性能が向上することが言えるが、水酸化カルシウム含有率が20 mass%以上であれば、中性子に関する相対線量率が0.5程度あるいはそれ未満となって、普通コンクリートキャスクに比しても遮蔽性能が相当に優れているということがいえる。また、前記含有率が50 mass%よりも大きくなると相対線量率は殆ど収束し、これ以上水酸化カルシウムを投入してもさほど効果が向上しないことが判る。従っ

て、遮蔽性能を十分に確保しながら硬化体の製造コストを低減するという観点からは、硬化体の水酸化カルシウム含有率は20～50mass%であることが好ましいと言える。

【0039】

以上で説明したように、水酸化カルシウム等の水酸化物の含有率は、15～60mass%、又は15～80mass%であるのが好ましく、更には、20～50mass%であることが好ましいと言える。そして、当該組成物及び硬化体によると、中性子遮蔽性能に優れたコンクリートを製造することができるため、従来と比べて遮蔽体厚さを薄くすることができ、コンクリートキャスクのコンパクト化・軽量化に貢献できる。

また、上記実験において算出した結果は、硬化体が150℃で使用されたときの結果であるが、450℃程度までは、硬化体中の水酸化カルシウムの分解が始まることはないので、上記の硬化体が150℃以上の高温環境下で使用されても、同様の遮蔽性能を得ることができる。一方、比較した普通コンクリートの計算結果は常温における結果であるため、100℃以上の高温環境下では自由水が蒸発するため遮蔽性能が大きく低下する。従って本発明の硬化体は、高温下での中性子遮蔽性能において極めて優れている。なお、本発明では、実用的な使用環境温度として150℃を想定した。

【0040】

また、本発明の組成物は、粒状、粉末状、繊維状の何れかの形状の鉄、炭素鋼、ステンレス鋼、銅、銅合金、タングステン、タングステン合金、タングステン化合物の少なくとも何れか1種類の金属材料が混合されていることが望ましい。これら金属の混合により高密度化を図ることができる。鉄、炭素鋼、ステンレス鋼の少なくとも何れか1種類の金属材料によると、特に容易に高密度化を図ることができる。銅、銅合金、タングステン、タングステン合金、タングステン化合物の少なくとも何れか1種類の金属材料によると、鉄系の場合より更に高密度化を図ることができ、硬化体の密度を金属材料として鉄系を用いた場合と同じになるように調整した場合、硬化体により多くの水酸化物を含有させることができる。更に、銅或いは銅合金は、鉄、タングステンよりも熱伝導特性に優れているの

で、熱伝導率向上の効果が得られる。

鉄、炭素鋼、ステンレス鋼の少なくとも何れか1種類の場合、銅、銅合金の少なくとも何れか1種類の場合、水和反応による硬化後の含有率10～70 mass%となるように混合されていることが望ましい。

タングステン、タングステン合金及びタングステン化合物の少なくとも何れか1種類の場合、水和反応による硬化後の含有率10～85 mass%となるように混合されていることが望ましい。ガンマ線のしゃへい性能は、一般的に、物質の密度が高い程優れるため、密度が高ければ高いほどよい。一方、実際の材料の施工性は金属材料の体積配合率に依存する。以上のことから、鉄よりも高密度のタングステン(比重19.3)の混合においては、鉄と同じ体積配合であれば、施工性に与える影響は少なく、且つ、更に高密度の硬化体を製造することができる。

また、硬化体の密度を通常のコンクリートと同程度の2.0以上を維持しながら水酸化カルシウム等の水酸化物の含有量を可及的に多くする為には、金属材料の添加量の下限は30 mass%とすることが好ましい(図4参照)。この場合、水和反応による硬化後の金属材料含有率は30～70 mass%となるように混合される。

この金属材料についての知見は、以下に説明する三つの実験(実験2～実験4)から得られたものである。

【0041】

(実験2)

本実験では、ポルトランドセメントとシリカフュームと水酸化カルシウムと化学混和剤と水とを適宜の量だけ混合するとともに、鉄(金属材料)を様々な比率で混合した組成物及び硬化体を想定し、硬化体の相対線量率をシミュレーションにより算出した。

図2には、鉄の含有率と相対線量率の関係が示される。なお、鉄遮蔽体の厚みは17 (cm)、コンクリート遮蔽体の厚みは41 (cm)とし、燃料はPWR燃料、燃焼度を50,000 (MWD/MTU)、冷却期間を10年とした。

【0042】

図2に示すように、鉄(金属材料)含有率が10 mass%以上になると、一次ガ

ンマ線についての相対線量率が0.6を下回り、普通コンクリート以上の遮蔽性能が得られることが判る。更に、鉄の含有率が15 mass%以上の領域では、従来の普通コンクリートに比した遮蔽性能の優位性が顕著に現れていることが判る。

【0043】

(実験3)

本実験では、水酸化カルシウムを様々な混合比で、また、金属材料（鉄分と鋼繊維の混合物）を様々な混合比で、ポルトランドセメントに混合した組成物及び硬化体を作り、硬化体内の両者の含有率と、当該硬化体の150℃環境下における含水比との関係を導出した。

この結果を図3に示す。図3において、横軸が水酸化カルシウムの含有率であり、縦軸が金属材料の含有率である。含有率がゼロであるということは当該材料が全く混合されていないということであり、含有率が1であるということはセメントを全て当該材料に置き換えたということを示す。従って、水酸化カルシウムの含有率と金属材料の含有率の和が1を超えることはあり得ない。

含水比はハッチングのスケールで表され、ハッチングの間隔が狭いものほど含水比が大きいことを示す。

【0044】

この図3からは、水酸化カルシウムの含有率を増大させると、含水比が増大することが判る。また、金属材料の含有率を増大させると、含水比は緩やかに減少することが判る。

【0045】

ここで、配合例の一例（その組成を以下の表1に示す。ただし、この配合表の配合割合は、空気量の実測値を用いて補正を行ったものである。）が、図3の点P1で示されている。なお、この配合例に従うと、少なくとも一次ガンマ線について、従来のコンクリートと同程度の遮蔽性能が得られることが判っている。

【0046】

【表 1】

単位量(kg/m ³)							
低熱 ポルトランドセメント	シリカフューム	水酸化 カルシウム	金属系材料		化学混和剤		水
			鉄粉	鋼繊維	高性能AE減水剤	消泡剤	
743	83	551	268	152	83	0	248

【0047】

一方、硬化体に少なくとも普通のコンクリートと同程度の遮蔽性能を発揮させるには、水酸化カルシウム含有率を15%（0.15）以上にすれば良いことは、前述の実験1（図1）に示したとおりである。

以上より、一次ガンマ線の遮蔽性能を確保するために前記配合例の金属材料含有率を維持しながら、コストを低減すべく水酸化カルシウム含有率を最小限の0.15とする配合、即ち、図3の点P2の配合を考えることができる。

そして図3によれば、この点P2の位置におけるコンクリートの150℃下での含水比は、丁度0.1である。従って、少なくとも150℃含水比を0.1以上に保てば、従前のコンクリートと同様の遮蔽性能を得られるといえる。

【0048】

図3において、150℃含水比が0.1以上であって、かつ、水酸化カルシウム含有率が0.15以上0.6以下である領域は、図3の太い実線で囲まれた領域として得ることができる。更に、水酸化カルシウム含有率が0.2以上0.4以下である領域は、図3の点線に囲まれた領域として得ることができる。

そして、これら二つの領域ではいずれも、当該領域内のどこをとっても、金属材料の含有率は0.7mass-ratio以下であることが判る。このことから、水酸化カルシウム含有率が15～60mass%の範囲でも、20～40mass%の範囲でも、金属材料の含有率は0.7mass-ratio以下であることがよいと言える。

【0049】

（実験4）

次の実験では、硬化体内の水酸化カルシウムおよび金属材料の含有率と、当該硬化体の150℃環境下における密度との関係を導出した。この結果を示したの

が図4であり、この図では硬化体の密度がハッチングスケールで表されており、ハッチングの間隔が狭いほど密度が大きいことを示している。

また、前述の表1の配合例に対応する点P1、および、当該配合例を基に水酸化カルシウムの配合を最小限とした配合に対応する点P2が、図4にも同様に示されている。

【0050】

この図4によれば、前記点P2の150℃における密度が 2.0 g/cm^3 であり、このことから、少なくとも従来のコンクリートと同等の遮蔽性能を達成するには、150℃における密度が 2.0 g/cm^3 程度必要であることが分かる。

上記条件を満たし、かつ、水酸化カルシウム含有率が0.15以上0.6以下である領域は、図4の太い実線で囲まれた領域で示される。また、水酸化カルシウム含有率が0.2以上0.4以下である領域は、図4の太い点線で囲まれた領域で示される。

これを考慮して、水酸化カルシウム含有率が15～60 mass%の範囲では、金属材料の含有率は0.2 mass-ratio以上、また、水酸化カルシウム含有率が20～40 mass%の範囲でも金属材料の含有率はほぼ0.2 mass-ratio以上であることがよいと言える。ただし、上記配合例の性能（即ち、点P1で示される性能であって、150℃における密度が 1.8 g/cm^3 程度）で十分であるとするならば、金属材料の含有率は0.1 mass-ratio以上で構わないと言える。

また、水和反応による硬化後において、通常のコンクリートと同程度の2.0以上の密度を維持しながら、水酸化カルシウムの含有率を可及的に多くするためには、金属材料下限値を0.3 mass-ratioとすることが好ましいことが判る。この場合水酸化カルシウムの含有率は最大0.7 mass-ratioとなる。このようにして金属材料の添加量を増やすと、特に二次ガンマ線と中性子のしゃへい性能の低減効果が顕著となる。

【0051】

以上をまとめると、金属材料の含有率は、10～70 mass%であるのが好ましく、30～70 mass%であることがより好ましいと言える。そして、当該硬化体によると、ガンマ線遮蔽性能に優れたコンクリートを製造することができるため

、従来と比べて遮蔽体厚さを薄くすることができる。

【0052】

(実験5)

次に、硬化体についての性能実験を以下のとおり行った。

即ち、水酸化カルシウムおよび金属材料が種々の割合で混合されたポルトランドセメント硬化体において、その圧縮強度と、水酸化カルシウム及び金属材料（鉄分と鋼繊維の混合物）の含有率との関係を、図5に示す。

【0053】

図5において、水酸化カルシウム含有率が15～60 mass%、かつ、金属材料含有率が10～70 mass%以上の領域を、太線で囲って示す。これによれば、上記条件の組成物は、図5からは10～110 MPa程度の圧縮強度が発現されるという知見が得られる。

このように、本発明の範囲内の水酸化カルシウム及び金属材料の含有率である限り、十分な圧縮強度が確保されるということが言える。

【0054】

また、組成物に中性子吸収材（ボロン化合物など）を添加することによる効果は次のようである。即ち、中性子が遮蔽体で遮蔽される際に、遮蔽材に含まれる元素と反応して二次ガンマ線が発生するが、ボロン化合物などを添加することで、中性子が吸収されるために二次ガンマ線の発生を抑制することができる。この種の中性子吸収材としては、炭化ホウ素、ホウ酸、酸化ホウ素、フェロボロン、ボロン入りステンレス鋼のうちの少なくとも何れか一種類からなるものが用いられる。

【0055】

図6の表、及び図7のグラフは、ボロン化合物として炭化ホウ素を添加した場合の炭化ホウ素中のボロンの添加率と、ボロンを添加していない場合を基準にした相対線量当量率の関係を計算した結果を示している。これらの結果から、ボロンを0.025 mass%添加すれば、二次ガンマ線を半分以下に減らせることが判る。

【0056】

合計線量当量率に着目すると、ボロンを添加していくに伴い、合計線量当量率は当初、二次ガンマ線を低減させることによる効果で徐々に減少し、1.0 mass %程度で最小値となるが、その後増加する。これは、二次ガンマ線の低減効果は収束するが、ボロンの添加量が増えることで、逆にガンマ線及び中性子の遮蔽に寄与する元素が相対的に減少するためである。又、ボロン添加率は、本来の遮蔽機能を有する元素の比率を相対的に低くすることになるので、同じ効果が得られるのであれば、その添加率は少ない方が望ましい。以上のことから、ボロン添加率等の中性子吸収材の添加率には最適な範囲があり、0.025～10.0 mass %の範囲であることが望ましい。

また、当該硬化体への金属添加材としてボロン入りステンレス鋼を使用する場合には、一次ガンマ線及び中性子の遮蔽性能を低下させることなく、二次ガンマ線の低減効果が得られる。

【0057】

次に、上述の組成物及び硬化体を用いたコンクリートキャスクについて説明する。

図8は密閉容器であるキャニスターを使用した貯蔵専用コンクリートキャスクを示す縦断面図および横断面図、図9は図8のコンクリートキャスクによる貯蔵状態を示す一部切欠斜視図である。

図10は輸送貯蔵兼用コンクリートキャスクを示す縦断面図および横断面図、図11は図10のコンクリートキャスクによる輸送貯蔵状態を示す一部切欠斜視図である。

【0058】

－第1実施形態（貯蔵専用コンクリートキャスク）－

図8及び図9に示される貯蔵容器（貯蔵専用コンクリートキャスク）Aは、有底無蓋筒状の容器本体1と、その蓋2とから構成されている。この貯蔵容器Aは貯蔵専用キャスクとして用いられるものであり、内部にキャニスターaを有している。

【0059】

容器本体1は、セメントに水酸化カルシウムを加えた前述の硬化体を用いてな

るコンクリート製の容器 3 を、炭素鋼製の外筒 4、炭素鋼製の底カバー 5、炭素鋼製で厚さの厚いフランジ 6、及び炭素鋼製の内筒 7 で覆ったものに構成されている。

蓋 2 は、同様に前述の硬化体を用いてなるコンクリート製の蓋部材 8 を、炭素鋼製で厚さの厚い上部蓋 9 と、炭素鋼製の下部カバー 10 で覆ったものに構成されている。図 8 (b) や図 9 に示すように、容器 3 には銅、炭素鋼又はアルミ合金製の伝熱フィン 11 が螺旋放射状に配列された状態で多数埋設装備されている。また図 9 に示すように、蓋 2 には密封監視装置 12 が装備されている。

【0060】

キャニスター a は、容器本体 13 及び蓋 14 から構成された密封容器であり、その内部には図 9 に示すように、使用済核燃料等の放射性物質 x が充填されている。

【0061】

内外筒 7, 4 は、内外筒 7, 4 を結ぶ伝熱フィン 11 が取付けられること、及び、コンクリート注入時のふくれ防止の必要性を考慮して、最小の厚さとしてあり、必要な遮蔽厚さは、全てコンクリートで保証する構造である。貯蔵専用キャスクは軽量化が特に厳しく要求されるものではないために、このような構造が可能となっている。尚、鉄製の内外筒 7, 4 には遮蔽性能はそれほど必要とはしていない。

【0062】

なお、収納する使用済燃料の発熱量が低い場合には、伝熱フィン 11 を省略することが可能である。

【0063】

キャスク内部は、バスケット（開放型）でも、キャニスター（密封型）でも可能であるが、バスケットの場合には、蓋を二重構造とし、金属キャスクと同様、内部の密封性能をモニターする構造とするために、蓋は金属製となる。キャニスターの場合には、密封性能のモニターが必ずしも要求されないので、コンクリート製の蓋とすることができる。

【0064】

－第 2 実施形態（輸送貯蔵兼用コンクリートキャスク）－

図 1 0 及び図 1 1 に示す輸送貯蔵容器（輸送貯蔵兼用コンクリートキャスク）B は、有底無蓋筒状の容器本体 2 1 と、その蓋 2 2 とから構成される。この輸送貯蔵容器 B は輸送貯蔵兼用キャスクとして用いられるものであって、その内部にバスケット b を有している。

【 0 0 6 5 】

容器本体 2 1 は、遮蔽コンクリート製の筒体 2 4 を、炭素鋼製の外筒 2 5、炭素鋼製の本体フランジ 2 6、炭素鋼製の内筒 2 7、及び炭素鋼製の底遮蔽板 2 8 で覆ったものに構成されている。図 1 0 (a) に示すように、内筒 2 7 の底部分 2 7 a には、下方側から接する中性子遮蔽材で成る底遮蔽板 2 8 が装備されており、この遮蔽板 2 8 は、炭素鋼製のリングサポート 2 9 と、炭素鋼製の底カバー板 3 0 とで覆われている。尚、図 1 1 の符号 3 5 は、外筒 2 5 に装備されたトランニオンである。図 1 0 (b) や図 1 1 に示すように、筒体 2 4 には、螺旋放射状に配列された銅、炭素鋼又はアルミ合金製の伝熱フィン 3 1 が多数埋設装備されている。

【 0 0 6 6 】

図 1 0 (a) や図 1 1 に示すように、蓋 2 2 は、炭素鋼製の一次蓋 2 3 と二次蓋 3 2 との二重蓋構造とされている。二次蓋 3 2 は、中性子遮蔽材で成る蓋遮蔽板 3 3 を炭素鋼で覆った構造に構成されている。蓋 2 2 には図 1 1 に示すように、密封監視装置 3 4 が装備されている。また、バスケット b には使用済核燃料等の放射性物質 x が充填されている。

【 0 0 6 7 】

－両実施形態について－

輸送容器は特別の試験条件（落下試験等）に耐える必要があるため、第 2 実施形態のキャスクは、その外筒 2 5 を貯蔵専用の第 1 実施形態のキャスクよりも、少し厚くしなければならない。さらに、全体重量及び外径寸法も原子炉内でのハンドリング上の制限から限定されるので、内筒 2 7 の厚さで調整する。内筒 2 7 は通常、貯蔵専用のものよりも、かなり厚くなる。第 2 実施形態では、内筒 2 7 で積極的にガンマ線を遮蔽することで、全体の寸法と重量を小さくする構成とな

っている。

【0068】

内筒27の底部27aでの中性子遮蔽のための構成としては、コンクリートの使用も可能であるが、重量制限を考慮すると、コンクリート以外の高性能中性子遮蔽材を用いる方が良い。内部はバスケットを収納する構造とし、蓋は金属製で二重構造(23, 32)とし、密封性能のモニターを実施できるようにする。

【0069】

本発明のコンクリートキャスクは、高温環境下でもその含水比を保持できる耐熱コンクリートの開発によって可能となるものであり、完全な密封型であるため、放射線の遮蔽性能が向上するとともに、万一、内部のキャニスターから放射性物質等が漏洩しても、密封機能を持つ二次バリアとしての機能が発揮できるのである。

【0070】

密封型キャスクは、密封型であるために通気口が無くコンクリート温度が上昇し易い。そして、高温(最高150℃を想定)では、コンクリート内での水分の保持が困難で、中性子遮蔽能力が劣化する。そこで、150℃においても必要な水分が保持できるコンクリートを開発したのである。

【0071】

即ち、本出願の発明者は、100℃以上でも水分が逸散しないように水分を結晶体として保持させるという発想に立ち、セメントと親和性が高く、かつ、水分結晶体の占める割合の高い水酸化カルシウムを加えたのである。さらに、水分量保持に寄与できないセメント分以外の骨材の使用を控えたのである。

一方で、多量の水酸化カルシウムの添加は密度の低下を招き、ガンマ線の遮蔽能力が低下することから、その密度を維持すべく、骨材より比重の大きな鉄粉や鋼繊維を用いた。これらの材料の添加は力学特性の改善にも有効であり、特に耐衝撃性等が要求される輸送用キャスクにおいてこの特長が活かされる。このようにして、150℃においても所定の水分量と密度とを確保することができたのである。

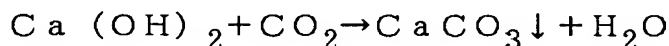
なお、先に述べたように、硬化体に水酸化カルシウムを含有させるためには、

水酸化カルシウムそのものを添加する以外にも、例えば酸化カルシウムを硬化前の組成物に含有させてもよい。また、硬化体に、種々のアルカリ土類の水酸化物を含有させてもよい。

【 0 0 7 2 】

第1実施形態のコンクリートキャスクにおいて、硬化体を用いてなる容器3は、その外周が、外筒4、底カバー5、フランジ6、内筒7等の被覆材で覆われることにより、外気と遮断されている。第1実施形態の蓋2、及び第2実施形態の筒体24も同様である。なお、前記外周は硬化体の一部であるため、硬化体の少なくとも一部（外周）が被覆材で覆われて外気と遮断されている。すなわち、硬化体は大気中の二酸化炭素と接触しない空間に打設された構造体となっている。

例えば、硬化体を構成するコンクリート中に含有されている水酸化カルシウムは、大気中に存在する二酸化炭素と反応すると、最終的に炭酸カルシウムとなって水分（水素）を結晶から放出してしまい、長期的な中性子しゃへい性能が低下する恐れがある（下記式参照）。



これを防止するためには、コンクリートキャスクの構造として、炭素鋼、ステンレス鋼等からなる内外筒、フランジ及び底板で密閉された空間に硬化体を設け、少なくとも硬化体の外周を被覆材で覆う必要がある。

ここでいう外気と遮断された密閉構造とは、二酸化炭素を含む外気が硬化体と接触しないようにすることであり、コンクリートキャスクの使用期間中に発生するガスを安全のために外部に放出するリリーフ弁を設けることは差し支えない。更に、二酸化炭素を吸着材等によって吸着させることによって、硬化体と二酸化炭素が直接接触しないような構造にしてもよい。

【 0 0 7 3 】

－別実施形態－

コンクリートキャスクに使用されるセメント材料としては、様々なバリエーションが考えられる。普及しているポルトランドセメントを用いるのが最も一般的であるが、混合セメントを用いても構わない。なお、水和熱の発生を抑える観点からは、低熱ポルトランドセメントを用いることが望ましい。

このポルトランドセメントに、シリカ含有物を混合することができる。このシリカ含有物は、各種スラグ、シリカフューム、フライアッシュ、石炭灰、白土、しらす、珪藻土、穀物灰の少なくとも一種以上である。このシリカ含有物が、セメントと水和反応（ポラゾン反応）し、不溶性の安定な珪酸カルシウム等の化合物を作る。そのため、長期にわたって強度が増進し、水密性や耐久性が向上する。また、濁水ケーキや石粉等の碎石副産物、建設発生土、浚渫土処理濁水ケーキ及び建設汚泥ケーキ等の建設副産物、これらシリカを含有する産業廃棄物であってもよい。この場合、更に産業廃棄物の有効利用を図ることができる。

また、前記混合セメントとしては、本発明においては特に限定するものではないが、例えば、高炉スラグ、高炉水砕スラグ、高炉徐冷スラグ、徐冷スラグ、転炉スラグ、銅スラグ、フェロニッケルスラグ、シリカフューム、フライアッシュ、石炭灰、白土、しらす、珪藻土、穀物灰、の少なくとも何れか１種類と、ポルトランドセメントとの混合物をその一例として挙げることができる。

また、前述の中性子吸収材料は、炭化ホウ素、ホウ酸、酸化ホウ素、フェロボロン、ボロン入りステンレス鋼を使用することができる。

また、伝熱フィンは銅、炭素鋼、アルミ合金製に限らず、例えばステンレス鋼で構成されるものであっても良い。

【 0 0 7 4 】

次に、本発明にかかる硬化体の製造方法について説明する。

【 0 0 7 5 】

本発明の硬化体の製造方法は、上記で説明した本発明にかかる何れかの組成物に、少なくとも水を加えてから、混練及び成形後、温度 1 2 0 ~ 2 4 0 ℃、湿度 8 0 ~ 1 0 0 % で 8 時間以上養生することを特徴とする。また、更には、温度 6 0 ~ 1 2 0 ℃、湿度 8 0 ~ 1 0 0 % で 2 4 時間以上養生することが好ましい。

組成物に水を加える以外に、必要に応じて他の材料を添加してもよい。例えば、先述の実験で行ったように化学混和剤を添加してもよい。必要であれば骨材を加えることも考えられる。

また、養生時には、脱型してもよいし、或いは型枠を設置したままでもよい。

【 0 0 7 6 】

【実施例及び比較例】

以下に、本発明の硬化体の製造方法を実施例及び比較例によって具体的に説明する。

【0077】

(実施例1)

表2に示す配合で、混練及び成形後、温度20℃で48時間密封養生の後、温度90℃、湿度100%で、48時間養生した。そして、圧縮強度と、150℃での性状（含水率・密度）を測定した。結果を表3に示す。

【0078】

(比較例)

比較例1として、表2に示す配合で、混練及び成形後、温度20℃で28日間密封養生した。また、比較例2として、表2に示す配合で、混練及び成形後、温度20℃で91日間密封養生した。そして、圧縮強度と、150℃での性状（含水率・密度）を測定した。結果を表3に示す。

【0079】

【表2】

単位量(kg/m ³)							
低熱 ポルトランドセメント	シリカフェーム	水酸化 カルシウム	金属系材料		化学混和剤		水
			鉄粉	鋼繊維	高性能AE減水剤	消泡剤	
907	129	672	513	185	91	16	256

【0080】

【表3】

	圧縮強度 (MPa)	150℃での性状	
		含水率(%)	密度(g/cm ³)
実施例	109	12	2.2
比較例1	92	12	2.2
比較例2	112	12	2.2

【0081】

以上示した実施例 1 及び比較例 1, 2 によると、本発明にかかる硬化体の製造方法であると高い圧縮強度を実現しながら、かつ、150℃という高温環境下において、従来並に高い含水率と密度を保有する硬化体を極めて短期間で製造することができる。

【0082】

(実施例 2)

表 4 に示す配合で、混練及び成形後、常温での熱伝導率、150℃での性状（含水率及び密度）を測定した。結果を表 6 に示す。

【0083】

【表 4】

実施例2の配合

単位量(kg/m ³)							
低熱 ポルトランドセメント	シリカフューム	水酸化 カルシウム	金属系材料		化学混和剤		水
			鉄粉	鋼繊維	高性能AE減水剤	消泡剤	
287	32	1131	640	157	94	0.9	281

【0084】

(実施例 3)

表 5 に示す配合で、混練及び成形後、常温での熱伝導率、150℃での性状（含水率及び密度）を測定した。その結果を表 6 に示す。

【0085】

【表 5】

実施例3の配合

単位量(kg/m ³)							
低熱 ポルトランドセメント	シリカフューム	水酸化 カルシウム	金属系材料		化学混和剤		水
			銅粉	銅繊維	高性能AE減水剤	消泡剤	
287	32	1131	730	179	94	0.9	281

【0086】

(比較例 3)

通常コンクリートで、混練及び成形後、常温での熱伝導率を測定した。その結

果を表 6 に示す。

【 0 0 8 7 】

【表 6】

コンクリート材料の物性値

	150°Cでの性状		常温熱伝導率 (w/m・K)	備考★
	含水率(%)	密度(g/cm ³)		
実施例2	12.5	2.2	2.0	鉄材料30mass%含有
実施例3	12.9	2.3	8.5	銅材料33mass%含有
比較例3	—	—	1.2~1.5	普通コンクリート

注記★:鉄と銅の体積添加率は同じである。

【 0 0 8 8 】

以上示した実施例 2, 3 及び比較例 3 によると、本発明にかかる硬化体はいずれも普通コンクリートよりも伝熱性能に優れており、更に、添加する金属材料として熱伝導特性に優れた材料を添加すると、硬化体の伝熱特性も同様に更に改善されることが確認される。

【 0 0 8 9 】

【発明の効果】

今回の組成物及び硬化体を用いることで、高レベル廃棄物、使用済燃料等の発熱体を収納するバスケット、或いはキャニスターとコンクリートキャスク本体間に除熱のための空気通路を設ける必要が無いコンクリートキャスクを実現することができたのである。その結果、耐熱性コンクリートを使用することにより、通気口開口部が無い場合、遮蔽体欠損が無く放射線の漏れがない、つまり放射能閉じ込めが完全であり、キャニスターが腐蝕しないという高い安全性を得るとともに、シンプルでコストの安い有用なキャスクを提供することができた。

【 0 0 9 0 】

又、コンクリート製の容器本体に金属製の伝熱フィンを埋設装備すれば、コンクリートキャスクの内外筒の伝熱性が向上し、コンクリートの熱伝導率がそれ程良くないことを補うことができるので、フィン無しでの許容発熱量が通常は制限されることから開放され、内部に収納される使用済燃料の発熱量が高い場合でも、コンクリートが使用可能となる利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

水酸化カルシウム含有率と相対線量当量率を示すグラフである。

【図 2】

鉄の含有率と相対線量当量率を示すグラフである。

【図 3】

150℃での硬化体の含水比と、金属材料・水酸化カルシウムの含有率を示すグラフである。

【図 4】

150℃での硬化体の密度と、金属材料・水酸化カルシウムの含有率を示すグラフである。

【図 5】

圧縮強度と、金属材料・水酸化カルシウムの含有率を示すグラフである。

【図 6】

ボロン添加率と相対線量当量率を示す図表である。

【図 7】

ボロン添加率と相対線量当量率との関係グラフを示すグラフである。

【図 8】

密閉容器であるキャニスターを使用した貯蔵専用コンクリートキャスクを示し、（a）は縦断面図、（b）は横断面図である。

【図 9】

図 8 のコンクリートキャスクによる貯蔵状態を示す一部切欠きの斜視図である。

【図 10】

輸送貯蔵兼用コンクリートキャスクを示し、（a）は縦断面図、（b）は横断面図である。

【図 11】

図 10 のコンクリートキャスクによる輸送貯蔵状態を示す一部切欠きの斜視図である。

【符号の説明】

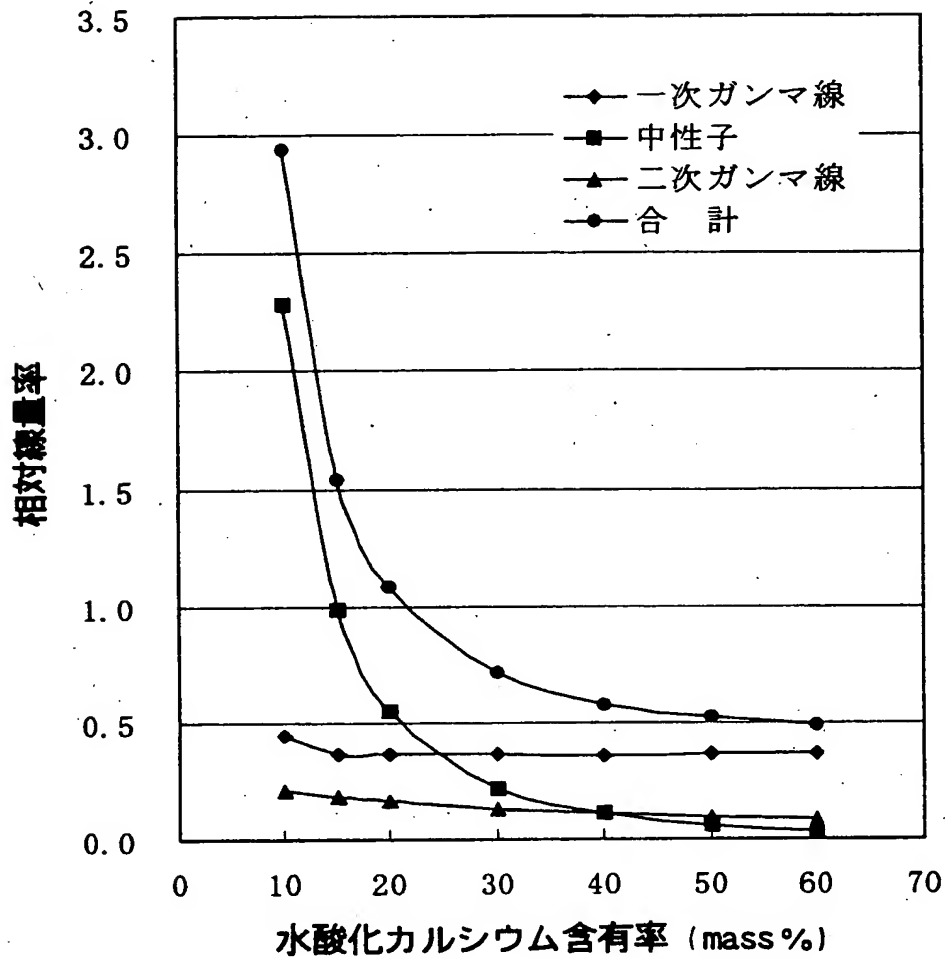
1, 2 1 容器本体

2, 2 2 蓋

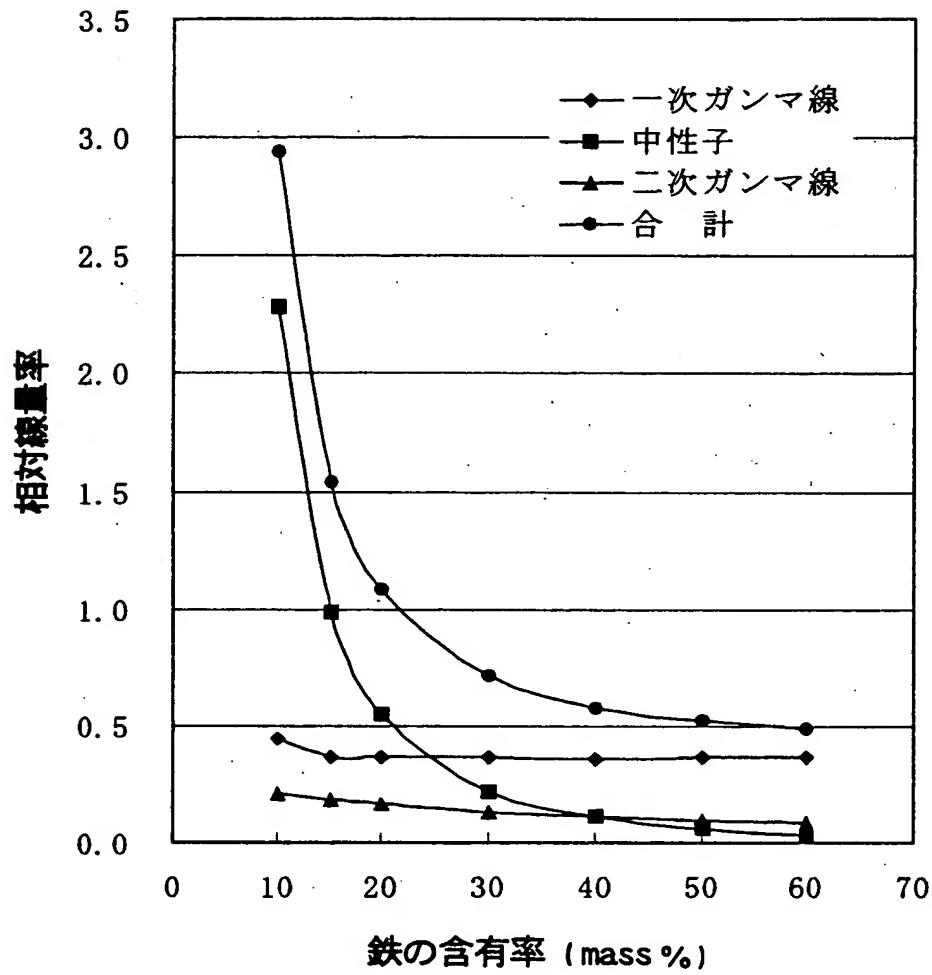
1 1, 3 1 伝熱フィン

【書類名】 図面

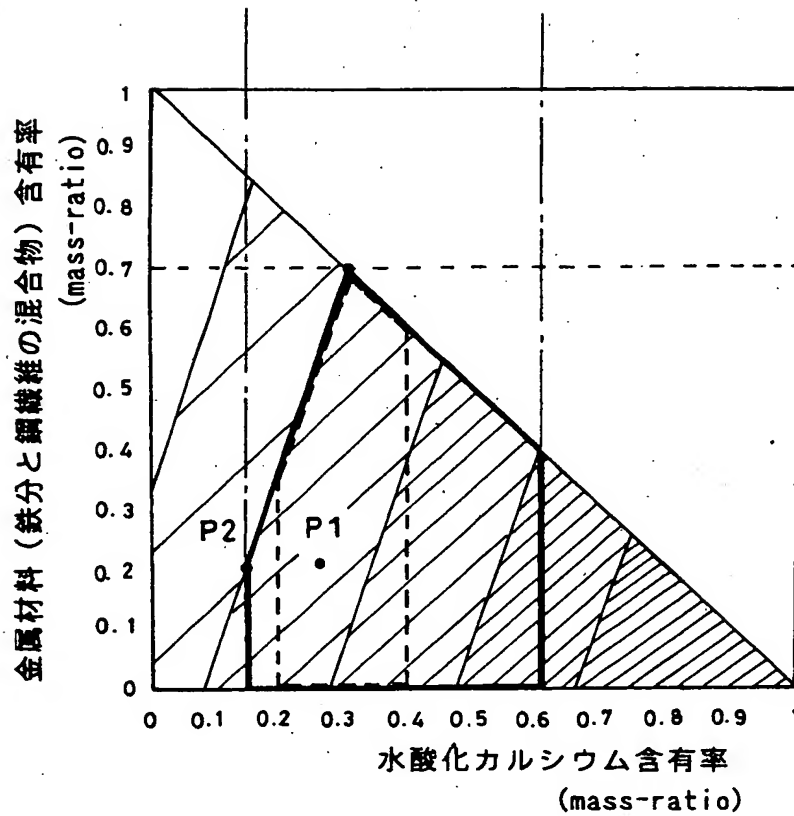
【図 1】









【図 2】



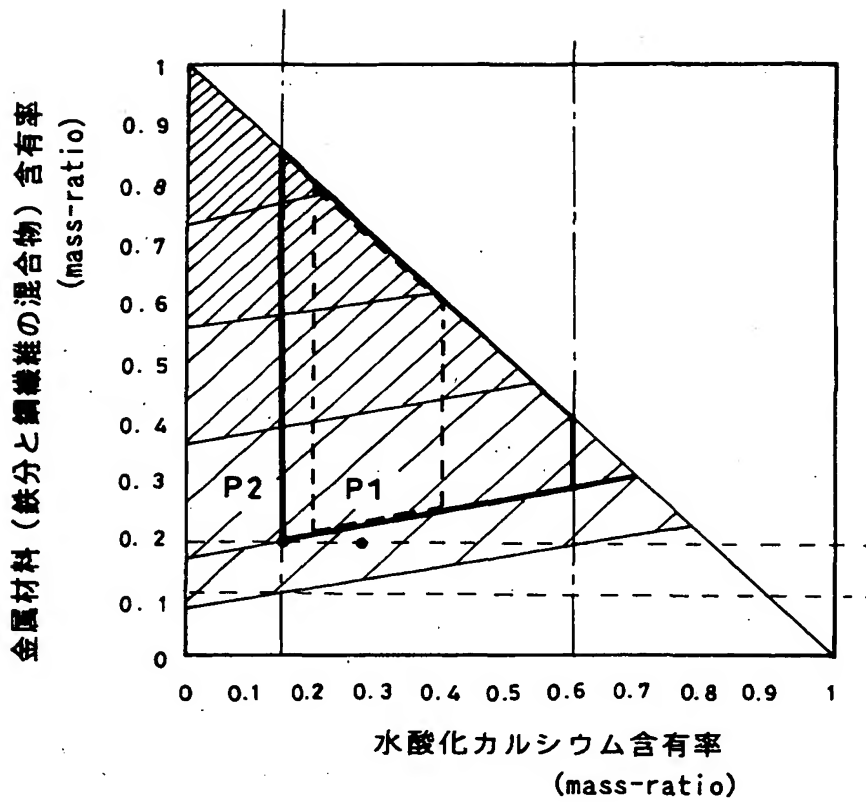
【図 3】









150℃でのコンクリートの含水比 (mass-ratio)

	0 ~ 0.05
	0.05 ~ 0.10
	0.10 ~ 0.15
	0.15 ~ 0.20
	0.20 ~ 0.25
	0.25 ~ 0.30

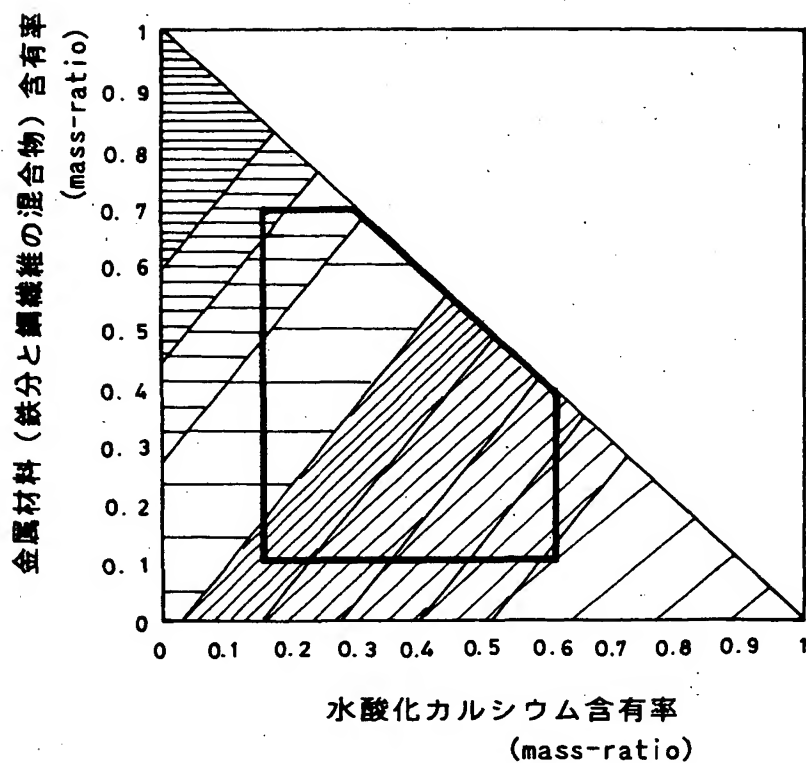
【図 4】



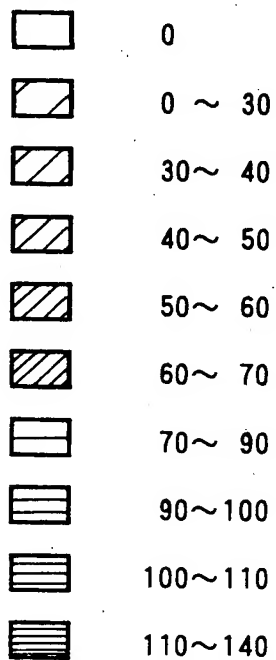
150℃でのコンクリートの密度 (g/cm³)

	1 ~ 1.8
	1.8 ~ 2.0
	2.0 ~ 2.3
	2.3 ~ 2.8
	2.8 ~ 3.2
	3.2 ~ 4.0

【図 5】



圧縮強度 (MPa)

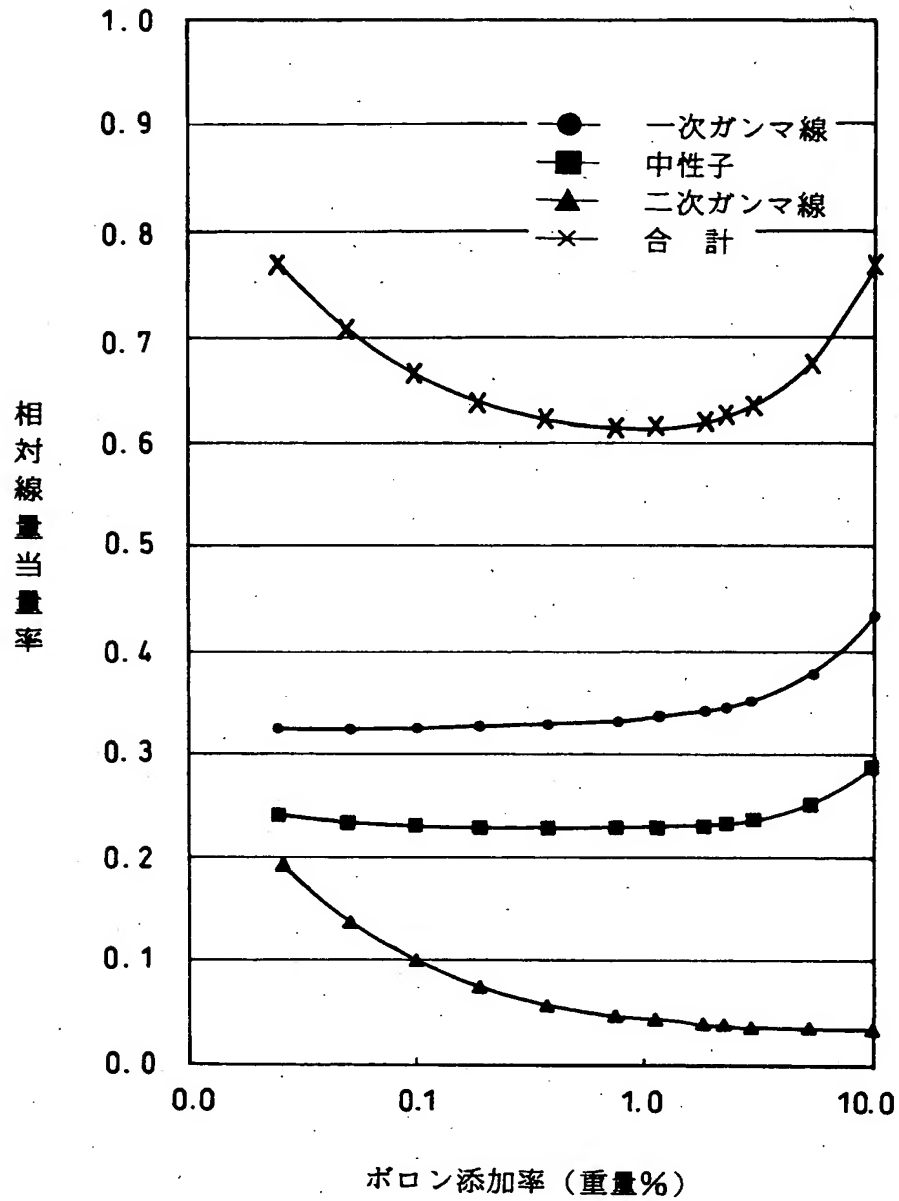


【図 6】

ボロン添加率と相対線総量当量率

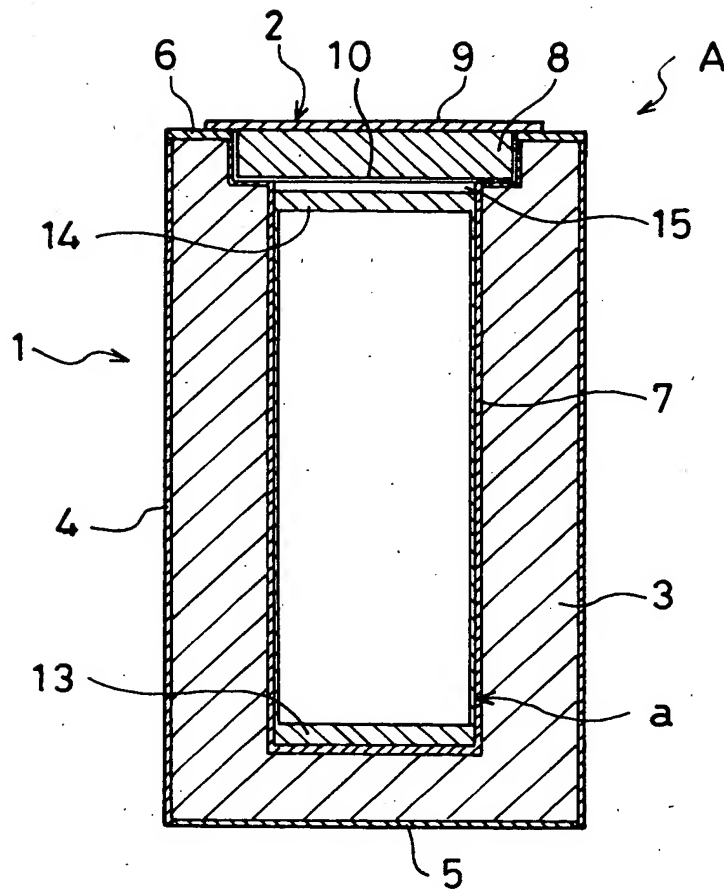
B 添加量	ガンマ線	中性子	二次ガンマ線	合 計
0	0.33	0.27	0.40	1.00
0.025	0.33	0.24	0.20	0.77
0.05	0.33	0.24	0.14	0.71
0.1	0.33	0.23	0.10	0.67
0.2	0.33	0.23	0.08	0.64
0.4	0.33	0.23	0.06	0.62
0.8	0.34	0.23	0.05	0.62
1	0.34	0.23	0.05	0.62
2	0.35	0.23	0.04	0.62
3	0.36	0.24	0.04	0.64
5	0.39	0.26	0.04	0.68
10	0.44	0.29	0.04	0.77

【図 7】

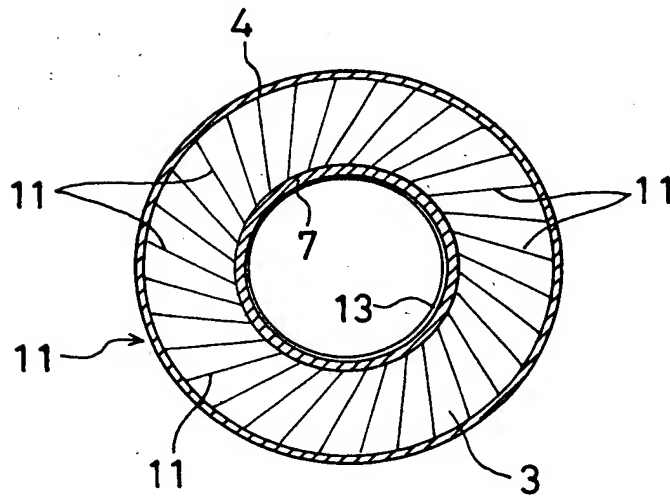


【図 8】

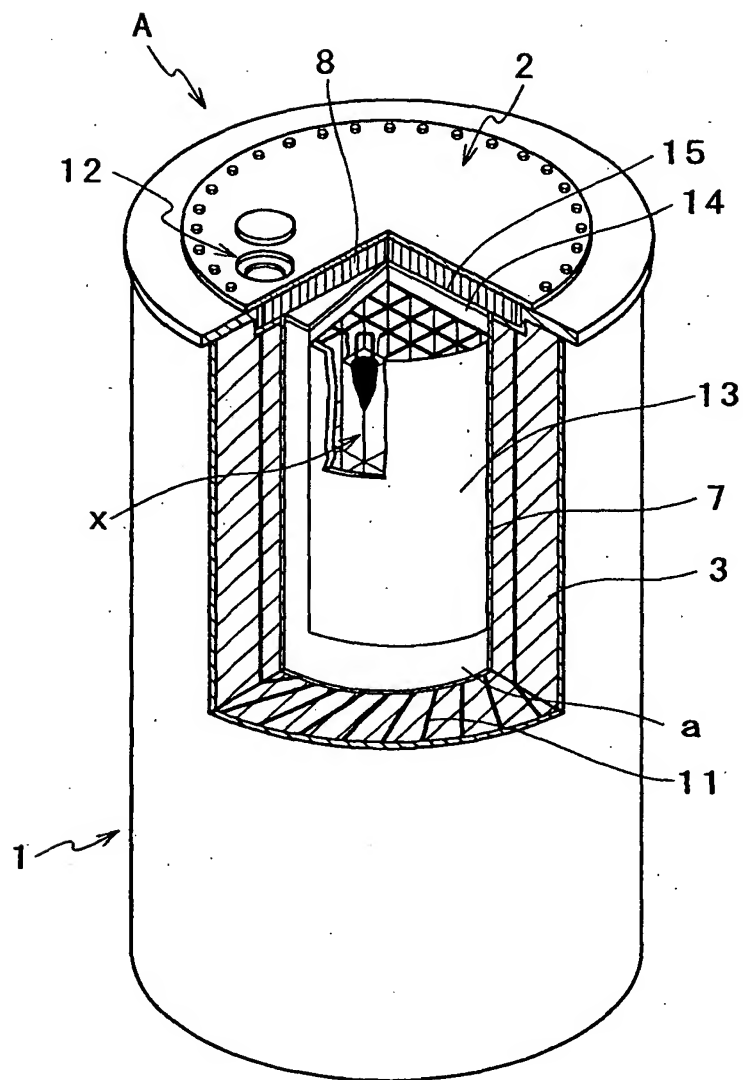
(a)



(b)

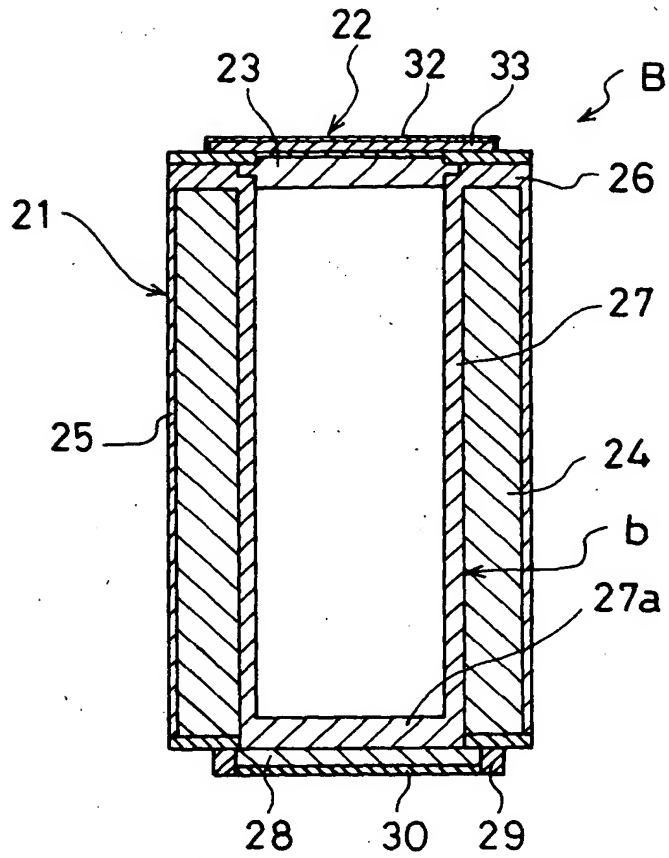


【図 9】

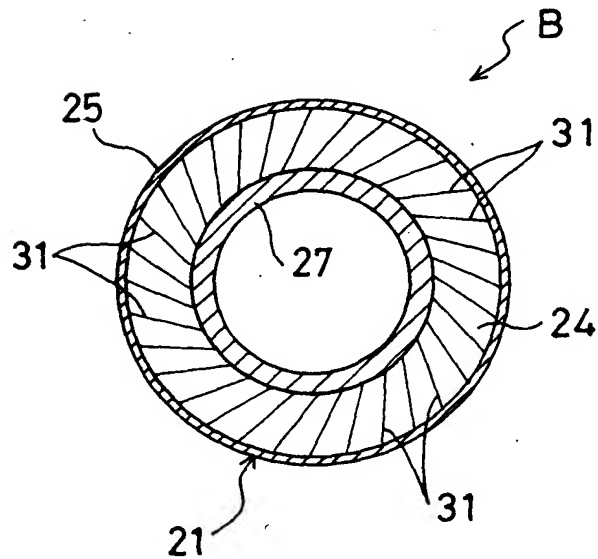


【図10】

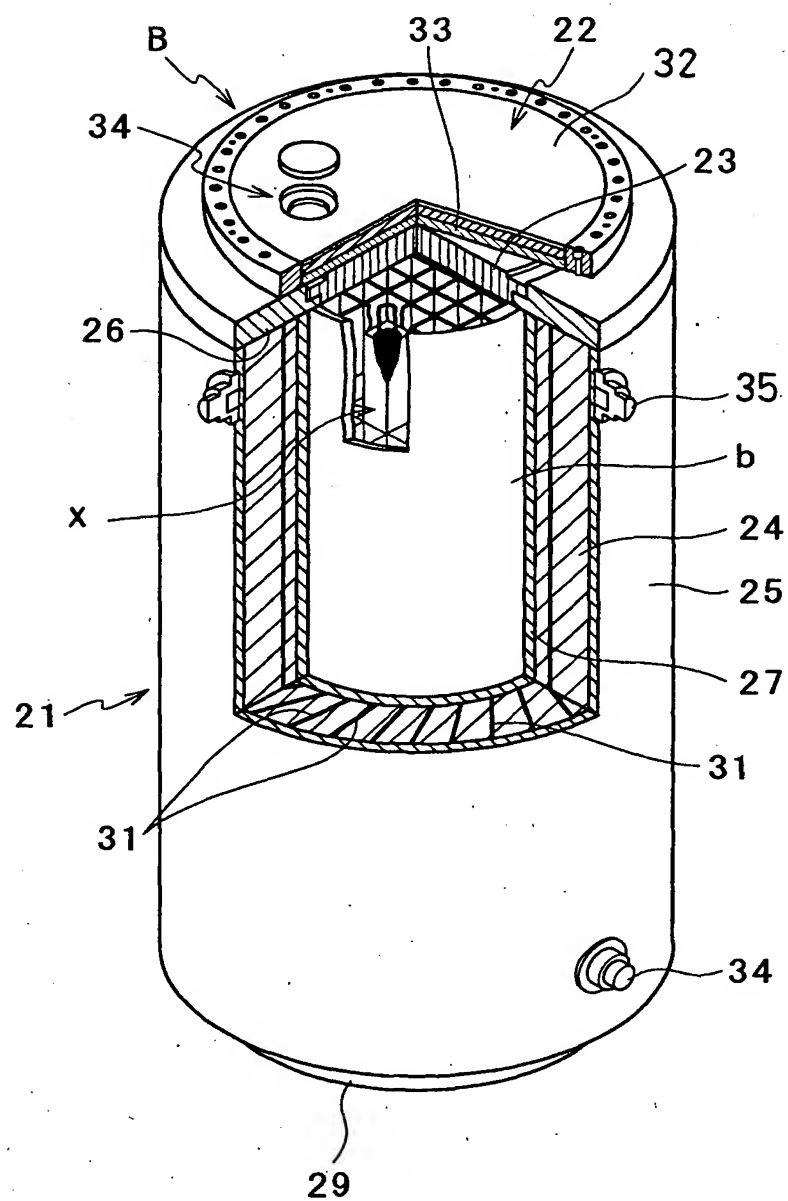
(a)



(b)



【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 十分な耐熱性のある組成物及び硬化体を製造し、これを用いた密閉型のコンクリートキャスクを設計することにより、キャニスターの腐食を防ぎ、放射能が外部に洩れず、かつ、遮蔽体欠損部が無い為に遮蔽性能にも優れる安全性の高いキャスクの構築を可能とする。

【解決手段】 有底無蓋筒状の容器本体 1 と、この容器本体 1 の上部開口を遮断自在な蓋 2 とで構成されるとともに、容器本体 1 及び蓋 2 の双方が、ポルトランドセメント又はそれを含む混合セメントを用いた組成物から製造された硬化体であって、水和反応による硬化後の水酸化カルシウムの含有率が 15～60mass%である硬化体から形成されたコンクリートキャスクとする。容器本体 1 には金属製の伝熱フィン 11 が埋設装備されている。

【選択図】 図 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001199]

1. 変更年月日 2002年 3月 6日

[変更理由] 住所変更

住 所 兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目10番26号
氏 名 株式会社神戸製鋼所

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000206211]

1. 変更年月日	1990年 8月21日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都新宿区西新宿一丁目25番1号
氏 名	大成建設株式会社